

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
22 septembre 2005 (22.09.2005)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2005/088985 A1

(51) Classification internationale des brevets⁷ : **H04N 9/31**

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2005/050617

(22) Date de dépôt international :
11 février 2005 (11.02.2005)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0450254 12 février 2004 (12.02.2004) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **THOMSON LICENSING SA** [FR/FR]; 46, Quai Alphonse Le Gallo, F-92100 Boulogne Billancourt (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **THOLLOT, Julien** [FR/FR]; Route d'Echalas, F-69420 Treves (FR). **SCHUBERT, Arno** [DE/FR]; 2, Allée des Chataigniers, F-35250 Chevaigne (FR).

(74) Mandataires : **LE DANTEC, Claude** etc.; Thomson, 46, Quai Alphonse Le Gallo, F-92100 Boulogne Billancourt (FR).

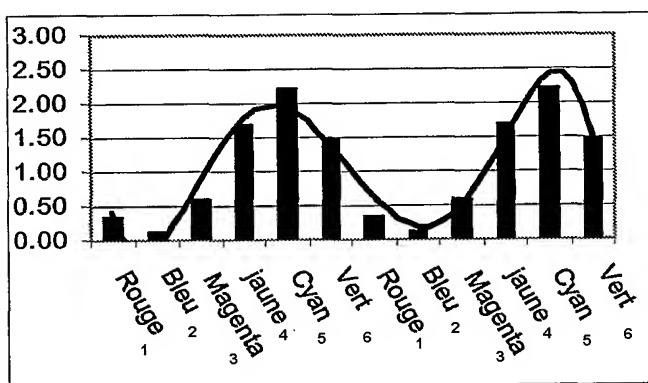
(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: SEQUENTIAL COLOUR ILLUMINATION SYSTEM, METHOD FOR PRODUCING A COLOUR WHEEL FOR SAID SYSTEM AND A COLOUR SEGMENT DEVICE

(54) Titre : SYSTEME D'ILLUMINATION SEQUENTIEL COULEUR, PROCEDE DE REALISATION D'UNE ROUE COLOREE POUR LE SYSTEME ET DISPOSITIF DE SEGMENTS COLORES



1 RED 4 YELLOW
2 BLUE 5 CYAN
3 MAGENTA 6 GREEN

(57) Abstract: The invention relates to a sequential illumination system for a visual display unit comprising a light source emitting a polychromatic light beam towards said visual display unit within a wavelength range comprising at least three primary colours and a colour wheel provided with at least three transmissive or reflective segments for transmitting said light beam along an optical path in such a way that it successively cut the direction of propagation of said beam. The colour segments are distributed on said wheel in such an order that differences in energies perceived by the visual organ of a standard observer (stimuli visual) are as equivalent as possible during intersegment transitions when the segments pass along the optical path of the beam. Said invention can be used for movie projection and overhead projection devices.

(57) Abrégé : L'invention concerne un système d'illumination séquentielle d'un imageur comprenant: une source émettant en direction de l'imageur un faisceau de lumière

polychromatique dans le domaine des longueurs d'ondes comprenant au moins trois couleurs primaires, une roue colorée comprenant au moins trois segments transmissifs ou réflectifs destinés à défilier sur le chemin optique dudit faisceau de lumière pour qu'ils coupent successivement la direction de propagation dudit faisceau. Les segments colorés sont répartis sur ladite roue dans un ordre tel que les différences d'énergies perçues par l'organe visuel d'un observateur standard (stimuli visuel), lors des transitions inter segments, lorsque les segments défilent sur le chemin optique du faisceau, soit les plus équivalentes possible. Applications: Appareils de projection et de rétroprojection.

WO 2005/088985 A1



SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

SYSTEME D'ILLUMINATION SEQUENTIEL COULEUR, PROCEDE DE
REALISATION D'UNE ROUE COLOREE POUR LE SYSTEME ET
DISPOSITIF DE SEGMENTS COLORES

5 L'invention concerne un système d'illumination
séquentiel couleur applicable notamment dans certains
systèmes de projection et/ou de visualisation d'images.
Elle utilise notamment un dispositif permettant le
défilement de segments colorés transmissifs ou réfléchissants
10 dans le chemin optique d'un système d'illumination, par
exemple une roue comportant des segments colorés qui se
déplacent dans le faisceau d'éclairement d'un modulateur
spatial de lumière. L'invention concerne également un
procédé de réalisation desdites roues colorées.

15 Les systèmes de projection et/ou de visualisation
d'images communément appelés projecteurs ou
rétroprojecteurs selon que la projection se fait sur la
face avant de l'écran pour les projecteurs, ou que la
projection se fait sur la face arrière pour les
20 rétroprojecteurs, fonctionnent selon le même principe. Un
système d'illumination éclaire de manière uniforme un ou
plusieurs imageurs comprenant un réseau de pixels, par
exemple à cristaux liquides sur substrat en silicium ou
LCOS « Liquid Cristal On Silicon » en langue anglaise, à
25 micro miroirs ou DMD « Digital Micro-mirror
Device/Display » en langue anglaise, ou à cristal liquide
transmissif HTPS « High Temperature Poly Silicon » en
langue anglaise, disposés par exemple en lignes et en
colonnes sur un substrat formant une matrice active,
30 notamment en silicium. La lumière issue du système
d'illumination est modulée après passage au travers du ou

2

des imageur(s) dans le cas des imageurs transmissifs ou après réflexion sur le ou les imageur(s) dans le cas des imageurs réfléchissants, par exemple LCOS ou DMD. La lumière ainsi modulée est ensuite projetée sur un écran au travers d'un dispositif optique. Pour générer des images en couleur, on illumine le ou les imageurs avec un ou des faisceaux de lumière colorée, généralement Rouge, Verte et Bleue.

Certains systèmes de projection et/ou de visualisation d'images comprennent trois imageurs, chacun des imageurs étant illuminé par un faisceau de lumière colorée correspondant à une des trois couleurs primaires. Ces systèmes de visualisation d'images à trois imageurs sont complexes, il faut en effet recombinaison des trois faisceaux de lumière colorée qui ont traversé ou ont été réfléchis sur les imageurs pour ne recomposer qu'un seul faisceau de lumière modulée prêt à être projeté sur un écran. Outre le nombre d'imageurs utilisés, ces systèmes de visualisation d'images nécessitent l'emploi d'éléments optiques encombrants et coûteux. Il existe des systèmes de projection et/ou de visualisation d'images comprenant deux imageurs, comme par exemple le système de projection d'images décrit dans le brevet US5863125 d'IBM. Dans ce document, chaque imageur est alternativement illuminé d'un faisceau de lumière colorée, de manière à ce que l'adressage électronique des données pour écriture des pixels d'une trame ainsi que la stabilisation desdits pixels liée au temps de réponse des cristaux liquides, puissent être effectués sur l'imageur qui n'est pas illuminé. On qualifie de période de temps mort « dead-time » en langue anglaise cette période, de l'ordre de

3

quelques millisecondes, pendant lesquelles un imageur ne peut être illuminé. Le système de projection d'images décrit dans le document d'IBM a pour avantage de gérer ce temps mort, cependant, il demeure complexe et coûteux par la présence des deux imageurs. De plus les imageurs de type à cristal liquide LCOS « Liquid Cristal On Silicon » en langue anglaise, ou à micro miroirs DMD « Digital Micro-mirror Device/Display » en langue anglaise par exemple présentent des périodes de temps mort moins importantes qu'auparavant, les imageurs de type DMD peuvent en effet opérer à des fréquences élevées supérieures à quatre cent Hertz par exemple.

Depuis quelques années, les systèmes de projection d'images s'orientent vers un dispositif mono-imageur, « mono-valve » en langue anglaise, de type transmissif ou réflectif, moins encombrants et moins coûteux que les systèmes de projection d'images comprenant plusieurs imageurs.

Pour générer des images en couleur, les systèmes de projection de ce type affichent séquentiellement des images de couleurs différentes sur l'écran, généralement les trois couleurs primaires RVB (rouge, vert et bleu). Ces dispositifs sont nommés « Field Sequential color display » en langue anglaise. Ces systèmes de projection d'images comprennent généralement des dispositifs d'illumination pour illuminer l'unique imageur d'une lumière alternativement rouge, verte et bleue par l'emploi, par exemple, de roues colorées (« Color Wheel » en langue anglaise) telles que décrites dans la demande de brevet EP 0749250. Ces roues colorées comprennent généralement un segments rouge, un segment vert, et un

4

segment bleu, R, V, B transmissifs (filtres colorés) ou réfléchissants. Les données vidéo commandant l'écriture des pixels de l'imageur sont synchronisées avec la couleur d'illumination de l'imageur afin de former une image
5 assurant la meilleure restitution possible. Cependant les systèmes de projection et/ou de visualisation d'images à unique imageur de ce type ont certains désavantages par rapport aux systèmes à plusieurs imageurs. Par exemple, l'imageur doit opérer à des fréquences élevées,
10 généralement trois fois la fréquence des images pour une roue colorées à trois segments de couleurs primaires, soit au moins 150 à 180Hz, et de façon générale à n fois la fréquence des images lors de l'emploi d'une roue colorée à n segments de couleurs primaires et/ou
15 composées. De plus, étant donné qu'une seule couleur est affichée à la fois, une part importante du flux lumineux issu de la source lumineuse est perdue puisque filtrée séquentiellement.

Ainsi, pour améliorer la luminosité des images
20 projetées, certaines roues colorées comprennent un segment blanc comme par exemple le dispositif décrit par Texas Instrument dans le brevet US5233385. Ce dispositif permet d'afficher des images plus lumineuses, au détriment de la qualité des couleurs qui seront
25 désaturées (moins vives) en raison de la présence d'une lumière polychromatique couvrant au minimum une partie du domaine du visible et d'aspect blanche.

Un autre inconvénient majeur lié à l'affichage séquentiel d'images de couleurs différentes sur un écran
30 est la perception par le spectateur de la décomposition ou séparation des couleurs en ces composantes primaires

5

RVB lorsque par exemple certains objets de l'image bougent rapidement ou lors d'un brusque mouvement de la tête, d'un clignotement d'yeux, ou toute quelconque variation spatiale soudaine de l'image rétinienne de la scène observée, et ceci quelque soient les conditions d'observation. Ce phénomène appelé "color break up" ou "Rainbow effect" en langue anglaise, se manifeste également pour des images fixes, par exemple lorsque les yeux du spectateur balayent rapidement l'écran, lorsque les yeux de l'observateur sont soumis au nystagmus ou phénomène de micro-accomodation, ou bien pour des images en mouvement rapide avec un observateur fixe. Un des moyens pour réduire ce phénomène de "color break up" est d'augmenter la fréquence d'affichage/illumination séquentielle de l'imageur. Certaines roues colorées comprennent six segments de couleurs par exemple sous la forme de deux sous-ensembles coplanaires de trois segments colorés RVB comme décrit dans le brevet américain de Texas Instrument US5448314. La vitesse de rotation de la roue colorée étant déterminée, ce procédé permet de doubler la fréquence d'illumination séquentielle couleur sur l'imageur dont la fréquence d'adressage doit également être doublée. Néanmoins le "color break up" est atténué mais reste encore bien visible puisque la fréquence image est très en dessous du seuil définissant la limite de perception du phénomène soit deux mille cinq cents Hertz d'après la largeur minimale d'un artéfact coloré correspondant à un pixel image, et selon l'acuité visuelle de l'observateur standard.

6

L'invention propose une solution en vue de résoudre ce problème.

L'invention concerne donc un système d'illumination séquentielle d'un imageur comprenant:

5 - une source émettant en direction de l'imageur un faisceau de lumière polychromatique dans le domaine des longueurs d'ondes comprenant au moins trois couleurs primaires,

 - Un dispositif de défilement de segments colorés
10 comprenant au moins trois segments transmissifs ou réfléchitifs, ledit dispositif de défilement permettant de faire défiler lesdits segments sur le chemin optique dudit faisceau de lumière polychromatique pour qu'ils coupent successivement la direction de propagation dudit
15 faisceau dans le cas où les segments sont transmissifs, ou pour qu'ils réfléchissent successivement ledit faisceau dans le cas où les segments sont réfléchitifs, lesdits segments étant de couleurs différentes et ayant chacun une teinte, une saturation, une transmissivité ou
20 une réflectivité, et une taille adaptées pour obtenir un faisceau présentant une teinte de référence caractérisé par sa température de couleur, lorsqu'ils défilent séquentiellement sur ledit chemin optique dudit faisceau.

 Selon l'invention, les segments colorés sont
25 répartis sur ledit dispositif de défilement dans un ordre tel que les différences d'énergies perçues par le système visuel d'un observateur standard (stimuli visuel), lors des transitions inter segments, lorsque les segments défilent dans ladite zone de transmission, soient les
30 moins variables possible. Préférentiellement, la somme des différences d'énergies perçues est minimale.

7

Pour une roue colorée munies d'un nombre déterminé de segments ayant chacun une dimension déterminée et permettant d'obtenir une température de couleur globale déterminée, la répartition des segments sur ledit dispositif de défilement est telle que la somme desdites différences d'énergies entre segments successifs, perçue par le système visuel d'un observateur standard soit la plus faible possible.

Avantageusement, un dispositif de défilement comporte plusieurs segments de même couleur de façon à répartir les différences d'énergies d'excitation sur plusieurs transitions inter segments.

Egalement, le dispositif de défilement peut comporter un nombre différent de segments de couleurs primaires ou recomposées de façon à répartir les différences d'énergies d'excitation sur plusieurs transitions inter segments.

Avantageusement, ledit dispositif de défilement de segments colorés comporte une roue colorée comprenant au moins trois segments transmissifs ou réfléchifs, ladite roue étant montée sur des moyens de rotation de manière à faire défiler lesdits segments sur le chemin optique du faisceau de lumière.

L'invention concerne également un procédé de réalisation d'une roue colorée pour système d'illumination séquentiel couleur d'un imageur. Ladite roue est prévue pour comporter au moins trois segments transmissifs et/ou réfléchifs de couleurs différentes et ayant chacun une teinte, une saturation, une transmissivité ou une réflectivité, et une taille adaptées pour obtenir un faisceau présentant une teinte

8

de référence lorsqu'ils défilent séquentiellement dans une zone de transmission d'un faisceau d'éclairement. Il est prévu une étape de mesure des énergies d'excitation du système visuel induites par les différents segments, 5 correspondant à un niveau de perception de ladite énergie transmise ou réfléchie pour chaque segment constituant la dite roue colorée en fonction de la courbe de sensibilité de l'observateur standard, et une étape de répartition des segments colorés sur ladite roue colorée dans un 10 ordre tel que les différences d'énergies d'excitation inter segments soit les moins variables possible.

Pour une roue colorées munies d'un nombre déterminé de segments ayant chacun une dimension ou taille angulaire déterminée et permettant d'obtenir une 15 température de couleur globale déterminée, la répartition des segments sur ladite roue est réalisée de telle façon que la somme desdites différences d'énergies d'excitation perçues par le système visuel d'un observateur standard (stimuli visuel), lors des transitions inter 20 segments, lorsque les segments défilent dans la zone de transmission du faisceau soit la plus faible possible.

L'invention concerne également un dispositif de segments colorés comportant une pluralité de zones juxtaposées de couleurs différentes permettant de 25 fournir, par éclairement des différentes zones, des faisceaux de couleurs différentes, caractérisé en ce que lesdites zones de couleurs différentes sont arrangées dans un ordre tel que lorsqu'on les éclaire successivement selon ledit ordre, les différences 30 d'énergies perçues par le système visuel d'un observateur standard (stimuli visuel), lors des transitions inter

zones, lorsque l'éclairement passe d'une zone à la zone suivante, soient les moins variables possible.

Avantageusement, lesdites zones de couleurs différentes sont arrangées dans un ordre tel que la somme
5 desdites différences d'énergies d'excitations, perçues par le système visuel d'un observateur lors des différentes transitions entre zones successives, est la plus faible possible.

Avantageusement, ce dispositif de segments
10 colorés est une roue colorée.

Les différents aspects et caractéristiques de l'invention apparaîtront plus clairement dans la description qui va suivre et dans les figures annexées
15 qui représentent :

- les figures 1a et 1b, des exemples de systèmes de visualisation auxquels s'applique l'invention,
- les figures 2a à 2d, des exemples de roues
20 colorées pour lesquelles s'applique l'invention,
- les figures 3a à 3c, un exemple de roue colorée non optimisée,
- les figures 4a à 4c, un exemple de roue
25 colorée optimisée selon l'invention,
- les figures 5a à 5b, 6, 7 et 8 des exemples de roues colorées selon l'invention.

30 En se reportant à la figure 1a, on va tout d'abord décrire le principe général de fonctionnement

10

d'un système de visualisation et/ou de projection d'images de type mono-imageur ou modulateur spatial de lumière.

Un système de projection ne comportant qu'un seul
5 imageur est représenté schématiquement sur la figure 1. Le système comporte un système d'illumination 1 comprenant notamment une source de lumière 2 qui envoie la lumière sur un dispositif d'illumination 10 chargé d'illuminer séquentiellement l'unique imageur 12 d'un
10 faisceau de lumière colorée successivement en rouge, en vert et en bleu de façon à obtenir une image couleur après ces illuminations successives.

La lumière issue du système d'illumination 1 illumine un imageur 12 qui fonctionne soit en
15 transmission soit en réflexion. L'exemple du système de la figure 1a représente un imageur fonctionnant en transmission. Cet imageur comprend un réseau de pixels dont la commande est gérée par des moyens de gestion de données vidéo. La commande des pixels est associée
20 notamment à des moyens de synchronisation 11 pour synchroniser la lumière issue du système d'illumination des pixels avec les données vidéo provenant desdits moyens de gestion des données vidéo ou inversement, pour synchroniser des données vidéo commandant les pixels de
25 l'imageur 12 modulant la lumière incidente, en fonction de la couleur d'illumination reçue.

Après transmission, ou réflexion, au niveau de l'imageur 12, la lumière ainsi modulée est projetée sur un écran 5 via un dispositif optique 4. Les dispositifs 3
30 et 4, ainsi que la source de lumière 2 sont connus en eux-mêmes et ne seront pas plus décrits par la suite.

11

Le système d'illumination 10 selon l'invention comprend un dispositif permettant de faire défiler séquentiellement un nombre défini d'éléments transmissifs colorés, par exemple une roue colorée 6 appelée aussi
5 « Color Wheel » en langue anglaise. On entend par roue colorée un disque monté en son axe sur des moyens de rotation. Un tel disque comporte, comme représenté par exemple en figure 2a, des segments ou secteurs colorés 61 transmissifs ou non, généralement des filtres de couleurs
10 rouge R, verte V et bleue B, dichroïques ou non, lesquels, lors de la rotation de la roue 6, coupent successivement le faisceau de lumière polychromatique généralement de teinte blanche émis par la source lumineuse 2. Dans ce cas, le faisceau de lumière émis par
15 la source lumineuse 2 donne lieu, après transmission ou réflexion sur la roue 6, selon que les segments colorés (.6) sont transmissifs ou réfléchifs, successivement à au moins, un faisceau de lumière de couleur rouge R, un faisceau de lumière de couleur verte V, et un faisceau de
20 lumière de couleur bleue B. La figure 2b représente une roue colorée à quatre segments ; un segment coloré rouge, un vert et un bleu (RVB) et un segment de teinte blanche W, connu de l'art antérieur.

La figure 2c présente une roue colorée à six
25 segments colorés RVBRVB également connue de l'art antérieur.

La figure 2d présente une roue colorée à six segments BRVCMJ également connue de l'art antérieur.

Dans l'exemple de réalisation de la figure 1a, le
30 système d'illumination est placé en coupure sur le trajet du faisceau lumineux émis par la source de lumière 2. La

12

roue colorée fonctionne donc en transmission et les filtres de couleurs fonctionnent en transmission, le filtre de couleur rouge laissant passer la lumière appartenant au domaine des longueurs d'ondes du rouge, le
5 filtre de couleur verte laissant passer la lumière appartenant au domaine des longueurs d'ondes du vert et le filtre de couleur bleu laissant passer la lumière appartenant au domaine des longueurs d'ondes du bleu. Cependant les filtres de la roue colorée pourraient
10 fonctionner en réflexion. Dans ce cas on aurait un agencement du système optique tel que représenté en figure 1b. La source de lumière 2 éclaire le système d'illumination 10 qui comporte principalement une roue colorée dont les segments réfléchissent sélectivement la
15 lumière rouge, la lumière verte ou la lumière bleue. Lorsque la roue colorée tourne, elle renvoie vers l'imageur 12 successivement un faisceau de lumière rouge, un faisceau de lumière verte, un faisceau de lumière bleue.

20

Dans la description qui va suivre, on va décrire un système dans lequel les segments de la roue colorée fonctionnent en transmission, mais le fonctionnement serait similaire si les segments fonctionnaient en
25 réflexion.

On considère donc tout d'abord un système d'illumination comportant une roue colorée constituée avantageusement de plusieurs segments colorés de teintes
30 différentes, lesquels, lorsque la roue est mise en rotation, coupent séquentiellement le faisceau de lumière

13

polychromatique émis par une source lumineuse de telle sorte que l'imageur soit séquentiellement illuminé selon une fréquence déterminée par le nombre de segments composant ladite roue colorée et sa vitesse de rotation.

5 Selon un premier exemple de réalisation représenté en figure 3a, le nombre de segments de couleurs différentes de la roue colorée peut être de six unités; soit par exemple les couleurs primaires Rouge, Vert, bleu réparties dans deux sous ensembles RVB1 et
10 RVB2 de chacun trois segments RVB.

La taille angulaire de chaque segment est déterminée par la température de couleur à atteindre pour le système ; ladite température de couleur devant être la plus similaire possible entre les sous ensembles
15 coplanaires coexistants si plusieurs sous ensembles coplanaires de segments constituent la roue colorée de manière à éviter le phénomène de papillotement. Par exemple, sur la figure 3a, les deux sous ensembles doivent posséder des segments angulaires de telle sorte
20 que la température de couleur du système RVB1 soit sensiblement égale à la température de couleur du système RVB2 et égale à la température de couleur du système total. Ceci en tenant compte des limites des courbes d'isotemperature.

25 Chaque filtre composant un segment de couleur est caractérisé par sa bande passante, sa transmission et son temps d'affichage, le temps d'affichage étant fonction de la taille angulaire sur les roues colorées et de la vitesse de rotation de la roue colorée. Ainsi, la
30 contribution à la transmission de l'énergie lumineuse de chaque filtre de couleur est spécifique. Chacune des

14

couleurs entrant en jeu dans la construction d'une image possède donc un niveau d'énergie transmise spécifique à chaque filtre de couleur employé, et génère une excitation du système visuel différente selon lesdites
 5 bandes passantes respectives de ces filtres, ainsi que selon la sensibilité spectrale de l'observateur standard.

Pour une roue colorée comportant deux sous-ensembles coplanaires avec des segments de couleurs rouge, verte et bleue, chaque sous-ensemble ayant la
 10 même dimension tel que la roue colorée de la figure 3a, le tableau ci-après donne pour chaque filtre des exemples de valeurs d'énergies émises par chacun d'eux et des exemples de valeurs d'énergies correspondantes perçues par le système visuel d'un observateur standard appelées
 15 également "stimuli visuel".

Couleurs	Energie Emise en Watts ^{nm}	Stimuli visuels S.I.	Taille des Segments en degrés
Rouge	1,5	0,3	60
Vert	2,2	1,8	60
Bleu	1,5	0,14	60
Rouge	1,5	0,3	60
Vert	2,2	1,8	60
Bleu	1,5	0,14	60

La transmissivité de chaque segment ou filtre coloré utilisé, combinée à la courbe de sensibilité $V(\lambda)$ du
 20 système visuel de l'observateur standard et au flux lumineux issu de la source, conduit à de très grandes différences dans l'énergie perçue par ledit système

15

visuel selon la teinte rouge, verte ou bleue qui est transmise. Comme l'illustre la figure 3c, le système visuel de l'observateur est alors soumis à un stimuli
5 faisant état d'une impression perceptive d'une très grande discontinuité ; ce qui contribue à la perception des artéfacts colorés appelés "color break up" en langue anglaise.

Lorsqu'on observe le tableau ci-dessus, on s'aperçoit que les différences de stimuli visuels ΔS
10 lorsqu'on passe d'un éclairement rouge à un éclairement vert est $\Delta S(R/V) = 1,5$, puis lorsqu'on passe d'un éclairement vert à un éclairement bleu $\Delta S(V/B) = 1,66$, et lorsqu'on passe d'un éclairement bleu à un éclairement rouge $\Delta S(B/R) = 0,16$. Ce tableau met donc en évidence
15 cette discontinuité de différences d'énergie de stimuli visuels lorsqu'on passe d'un segment coloré à un autre.

Les graphiques des figures 3b et 3c illustrent aussi ces variations d'énergies. La figure 3b représente les quantités d'énergies transmises par les différents
20 secteurs colorés de la roue colorée de la figure 3a; Le graphique de la figure 3c illustre les énergies correspondantes perçues par un œil normal (stimuli visuel). On voit sur ce graphique que les variations d'énergies perçues par l'œil sont importantes. Ces
25 différences d'énergies sont une des causes entraînant la perception du "break-up" décrit précédemment

Pour réduire ce "color break-up", l'invention prévoit des roues colorées présentant des différences d'énergie ΔE atténuées autant que possible de façon que
30 l'excitation de l'œil soit la plus continue possible.

16

Selon l'invention les segments d'une roue colorée sont répartis sur cette roue de telle façon que la somme des différences d'énergies perçues par un observateur au cours d'un tour de la roue colorée soit minimale.

5 La méthode de séparation par évaluation progressive (SEP) permet de trouver le meilleur arrangement à partir de la table générale des écarts d'énergie perçus pour l'ensemble des transitions possibles entre filtres.

10 Un exemple d'une roue colorée comportant 6 segments RVBCMJ pour une température de couleur de 7590°K est fourni par les figures 4a à 4c. Le tableau ci-dessous donne pour chaque segment de cette roue colorée, les valeurs des énergies émises, les valeurs de l'énergie
15 perçues ou « stimuli visuels » et les dimensions des segments.

Couleurs	Energie Emise en Watts	Stimuli visuels S.I.	Taille des Segments en degrés
Rouge	1,8	0,35	70
Bleu	1,5	0,14	60
Magenta	3,7	0,6	70
Jaune	2,0	1,7	40
Cyan	4,0	2,2	70
Vert	1,8	1,5	50

20 Les différences d'énergie inter-segments (ΔE) permettent de définir l'arrangement optimal assurant une meilleure continuité du stimuli intra (« sub-frame » en langue anglaise) et inter images (« frame » en langue

17

anglaise). L'arrangement optimal permet de minimiser les différences d'énergie perçues (ΔS) de 20% pour une roue colorée standard RVBRVB, et jusqu'à 50% pour une roue colorée RVBCMY ; ce qui assure une réduction
5 significative de la perception du "color break-up" vérifiée expérimentalement.

Le tableau ci-dessus permet de calculer les différences de stimuli visuels lorsqu'on passe d'un segment au suivant. Pour n segments utilisés, il y a n!
10 transitions possibles. La constitution d'une roue demande alors n transitions, chaque couleur ne pouvant être représentée que dans deux transitions différentes.

L'emploi de couleurs composées ; le cyan, le jaune, le magenta, permet d'atténuer les différences
15 d'énergies par rapport au système des figures 3a à 3c comportant uniquement des couleurs primaires rouges, vertes et bleues. De plus, l'arrangement optimisé avec la méthode de séparation par évaluation progressive des transitions possibles, permet également de minimiser les
20 écarts inter stimuli visuels, donc de minimiser le "color break up" en langue anglaise.

Dans l'exemple de réalisation 4a à 4c, après avoir choisi les types de segments colorés utilisés, et après avoir déterminé les dimensions des segments pour
25 obtenir une température de couleur déterminée, la mesure des stimuli visuels induite par chaque segment a permis le calcul de l'arrangement des segments qui fournit une somme des transitions minimale.

30 De plus, pour diminuer les différences d'énergies entre segments ou pour les répartir, on prévoit également

18

de diviser un segment en deux parties ou plus compte tenu du fait que la dimension des segments doit être compatible avec la fréquence de commande de l'imageur .

5 De plus, dans le cas où la roue colorée comporte plusieurs sous ensembles de segments comme c'est le cas en figure 3a, on choisit les sous ensembles pour que leurs températures de couleurs soient sensiblement équivalentes afin d'éviter tout phénomène de
10 papillotement ou « flicker » en langue anglaise.

Les figures 5a à 5e fournissent un exemple de réalisation de l'invention comportant quatre segments colorés rouge, vert, bleu et cyan permettant d'obtenir
15 une température de couleur de 10500°K. Ces segments sont arrangés comme indiqué sur la figure 5a dans l'ordre bleu/rouge/vert/cyan.

La figure 6 fournit un exemple de réalisation de l'invention comportant cinq segments colorés rouge, vert, bleu, cyan et magenta permettant d'obtenir une
20 température de couleur de 13000°K. Ces segments sont arrangés comme indiqué sur la figure 6 dans l'ordre bleu/magenta/cyan/vert/rouge.

La figure 7 fournit un exemple de réalisation de l'invention comportant six segments colorés rouge, vert, bleu, deux segments cyan, et magenta permettant d'obtenir
25 une température de couleur de 11500°K. Ces segments sont arrangés comme indiqué sur la figure 7 dans l'ordre bleu/cyan1/ cyan2/ vert/ rouge/ magenta.

19

Pour réduire les phénomènes de "color break up", l'invention prévoit donc de construire des roues colorées avec des segments de couleur dont les tailles respectent:

- le blanc de référence que l'on veut atteindre
- 5 (La température de couleur du système d'affichage)
- le nombre maximal de segments que peut supporter l'imageur utilisé ; soit le temps minimal nécessaire pour adresser ledit imageur.
 - Et de telle sorte que l'énergie perçue soit
- 10 moyennée ; c'est à dire qu'il y ait un écart d'énergie transmise moyen entre 2 segments successifs le plus faible possible.

Par exemple, avec une roue à 3 segments : R,G,B pour une température de couleur de 8000°K:

- 15 - l'énergie perçue pour le segment bleu (125°) est 0.293 SI.
 - l'énergie perçue pour le segment vert (80°) est 2.368 SI.
 - L'énergie perçue pour le segment rouge (155°)
- 20 est 0.769 SI.

Ces énergies sont très différentes (Ecart moyen à la moyenne = 0.817 SI). C'est pourquoi, il est dans ce cas préférable d'augmenter le nombre de segments de la roue en séparant en plusieurs segments celui ou ceux qui

25 sont très supérieurs à la moyenne : c'est à dire dans le cas présent, séparer le segment vert en 2 parties de 40° et 1.18 SI chacune (voir figure 8)

On obtient alors une roue à 4 segments RVBV avec des écarts d'énergie perçue minimisés (Ecart moyen à la

30 moyenne = 0.335 SI soit un rapport supérieur à 2 par rapport à la roue RVB initiale).

20

Pour les roues comprenant initialement un nombre de segments supérieur à 3, il est possible de procéder de la même manière, à la différence près que l'ordre de présentation des segments (leur arrangement) n'est pas
5 déterminé au hasard mais selon la méthode décrite précédemment.

Dans ce cas, l'arrangement doit minimiser les écarts d'excitation visuelle introduite par les transitions inter-segments selon la méthode mathématique
10 de Séparation par Evaluation Progressive.

Par exemple: une roue à 6 segments : R, V, B, C, M, Y pour une température de couleur de 7590°K, utilisée avec un imageur LCOS (Frame rate de 360Hz maximum soit 6 segments de couleurs différents au maximum puisque le
15 temps d'adressage dudit imageur autorise des segments d'une taille minimale de 40° à la vitesse de rotation utilisée et que la condition de température de couleur doit être nécessairement remplie):

- L'énergie perçue pour le segment^{bleu} (60°)
20 est 0.141 SI.
- L'énergie perçue pour le segment vert (40°)
est 1.184 SI.
- L'énergie perçue pour le segment rouge (70°)
est 0.347 SI.
- 25 - L'énergie perçue pour le segment Cyan (70°)
est 2.225 SI.
- L'énergie perçue pour le segment Magenta (70°)
est 0.6 SI.
- L'énergie perçue pour le segment Jaune (40°)
30 est 1.677 SI.

21

Pour une telle roue colorée, la température de couleur choisie impose une taille angulaire pour chaque segment, donc l'énergie transmise. Plus ces énergies sont différentes entre elles, plus il existe des différences de niveaux importantes entre les transitions d'une couleur à une autre ; ce qui est un facteur de la perception du "color break-up". Comme cela a été décrit précédemment, les segments vont être arrangés dans un ordre tel que la somme totale des transitions d'énergies entre segments soit minimisée. Le tableau ci-dessous présente deux roues colorées composées des mêmes segments, mais la partie droite du tableau donne un arrangement qui minimise les transitions d'énergies et donc qui réduit le "color break up" alors que la partie gauche décrit un arrangement quelconque.

Roue colorée RVBCMJ			Roue colorée RBMJCV optimisée		
<u>Couleurs</u>	<u>NRJ perçues</u>	<u>Transitions</u>	<u>Couleurs</u>	<u>NRJperçues</u>	<u>Transitions</u>
Rouge	0.347	1.1327	Rouge	0.347	0.2068
Vert	1.48	1.3395	Bleu	0.1405	0.4597
Bleu	0.1405	2.0849	Magenta	0.6002	1.00771
Cyan	2.2254	1.6252	Jaune	1.6772	0.5482
Magenta	0.6002	1.0771	Cyan	2.2254	0.7454
Jaune	1.6772	1.3299	Vert	1.48	1.1327
Total		8.5892	Total		4.1699
Moyenne		1.43154	Moyenne		0.69498

Dans la description qui précède, le dispositif permettant de fournir un faisceau coloré est une roue colorée. L'invention serait applicable à tout autre dispositif permettant de faire défiler des éléments colorés pour fournir des faisceaux de différentes couleurs. Par

exemple, un tel dispositif pourrait également être un cylindre dont la surface périphérique comporterait des éléments colorés juxtaposés.

De plus, il a été validé expérimentalement que
5 l'arrangement spécifique des filtres ou segment colorés de la roue originale RVBCMJ selon la méthode « SEP » décrite précédemment conduisait à une roue optimisée RBMJCV diminuant la perception du « Color Break up ».

REVENDICATIONS

5 1. Système d'illumination séquentielle d'un
imageur comprenant:

 - une source émettant en direction de
l'imageur un faisceau de lumière polychromatique dans le
domaine des longueurs d'ondes comprenant au moins trois
10 couleurs primaires,

 - Un dispositif de défilement de segments
colorés comprenant au moins trois segments transmissifs
ou réfléchitifs, ledit dispositif de défilement permettant
de faire défiler lesdits segments sur le chemin optique
15 dudit faisceau de lumière polychromatique pour qu'ils
coupent successivement la direction de propagation dudit
faisceau dans le cas où les segments sont transmissifs,
ou pour qu'ils réfléchissent successivement ledit
faisceau dans le cas où les segments sont réfléchitifs,
20 lesdits segments étant de couleurs différentes et ayant
chacun une teinte, une saturation, une transmissivité ou
une réflectivité, et une taille adaptées pour obtenir un
faisceau présentant une teinte de référence lorsqu'ils
défilent séquentiellement dans ladite zone de
25 transmission du faisceau,

caractérisé en ce que les segments colorés sont répartis
dans ledit dispositif de défilement dans un ordre tel que
les différences d'énergies perçues par le système visuel
d'un observateur standard (stimuli visuel), lors des

transitions inter segments, lorsque les segments défilent sur le chemin optique dudit faisceau, soient les moins variables possible.

2. Système d'illumination selon la revendication 5 1, caractérisé en ce que les segments colorés sont répartis dans un ordre tel que la somme desdites différences d'énergies perçues par le système visuel d'un observateur lors des différentes transitions entre segments successifs, est minimalisée.

10 3. Système d'illumination selon la revendication 2, caractérisé en ce que le dispositif de défilement comporte plusieurs segments de même couleur de façon à réduire les différences moyennes d'énergies d'excitation en les répartissant sur plusieurs transitions inter
15 segments.

4. Système d'illumination selon la revendication 3, caractérisé en ce que le dispositif de défilement comporte un nombre différent de segments de couleurs de primaires ou recomposées de façon à réduire les
20 différences moyennes d'énergies d'excitation en les répartissant sur plusieurs transitions inter segments.

5. Système d'illumination selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce que ledit dispositif de défilement de segments colorés
25 comporte une roue colorée comprenant au moins trois segments transmissifs ou réfléchifs, ladite roue étant montée sur des moyens de rotation de manière à faire défiler lesdits segments sur ledit chemin optique dudit faisceau de lumière.

30 6. Procédé de réalisation d'une roue colorée pour système d'illumination séquentielle couleur d'un imageur

25

ladite roue comprenant au moins trois segments transmissifs et/ou réfléchissants, lesdits segments étant de couleurs différentes ou identiques et ayant chacun une teinte, une saturation, une transmissivité ou une
5 réflectivité, et une taille adaptées pour obtenir un faisceau présentant une teinte de référence lorsqu'ils défilent séquentiellement dans une zone de transmission d'un faisceau d'éclairement, caractérisé en ce qu'il comporte une étape de mesure des énergies d'excitations
10 induites par les différents segments dans le système visuel d'un observateur et une étape de répartition des segments colorés sur ladite roue colorée dans un ordre tel que les différences d'énergies d'excitations successives du système visuel d'un observateur
15 standard(stimuli visuel), lors des transitions inter segments, lorsque les segments défilent dans ladite zone de transmission soit la moins variable possible.

7. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que pour une roue colorées munies d'un nombre
20 déterminé de segments ayant chacun une dimension déterminée et permettant d'obtenir une température de couleur globale déterminée, la répartition des segments sur ladite roue est réalisée de telle façon que la somme desdites différences d'énergies perçues par le système
25 visuel d'un observateur, lorsque les segments défilent dans ladite zone de transmission, est la plus faible possible.

8. Dispositif de segments colorés comportant une pluralité de zones juxtaposées de couleurs différentes
30 permettant de fournir, par éclairage des différentes zones, des faisceaux de couleurs différentes, caractérisé

en ce que lesdites zones de couleurs différentes sont
arrangées dans un ordre tel que lorsqu'on les éclaire
successivement selon ledit ordre, les différences
d'énergies perçues par le système visuel d'un observateur
5 standard (stimuli visuel), lors des transitions inter
zones, lorsque l'éclairement passe d'une zone à la zone
suivante, soient les moins variables possible.

9. Dispositif de segments colorés selon la
revendication 8, caractérisé en ce que lesdites zones de
10 couleurs différentes sont arrangées dans un ordre tel que
la somme desdites différences d'énergies perçues par le
système visuel d'un observateur lors des différentes
transitions entre zones successives, est la plus faible
possible.

15 10. Dispositif de segments colorés selon l'une des
revendications 8 ou 9, caractérisé en ce qu'il comporte
une roue colorée.

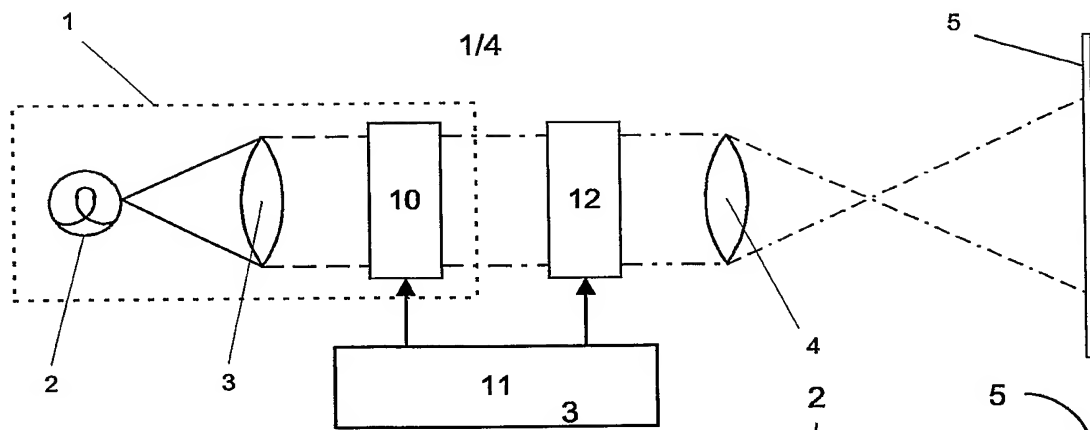


Fig. 1a

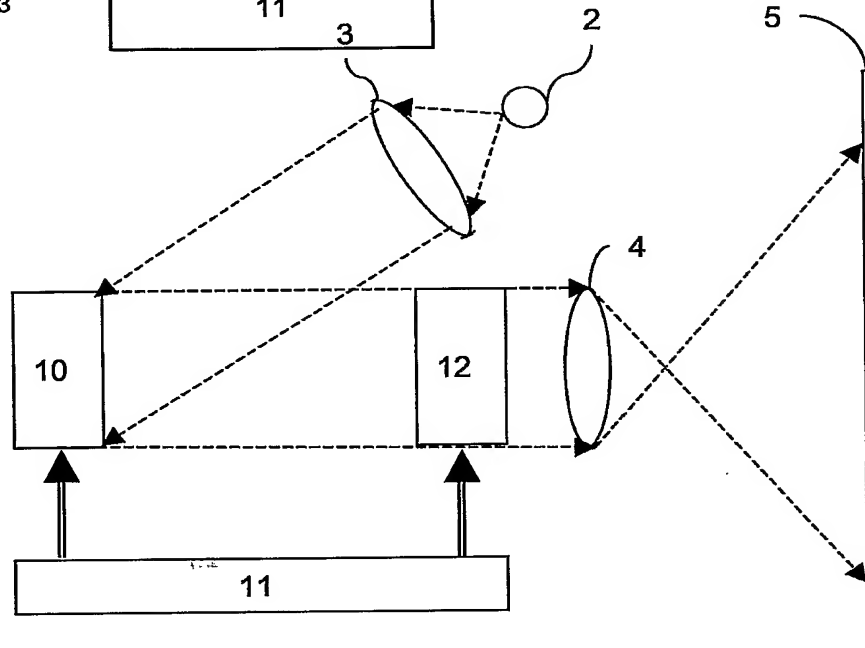


Fig. 1b

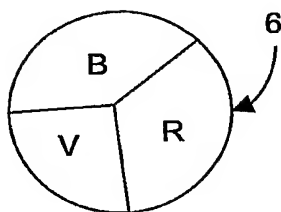


Fig. 2a

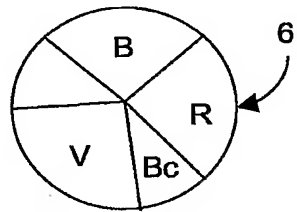


Fig. 2b

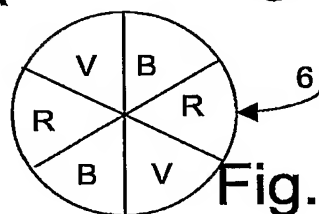


Fig. 2c

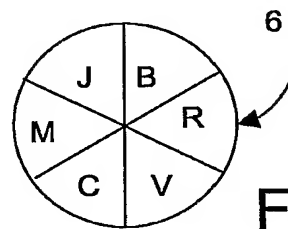


Fig. 2d

2/4

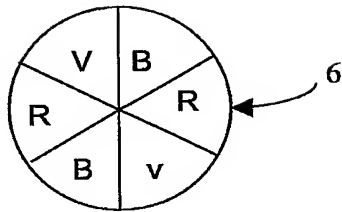


Fig. 3a

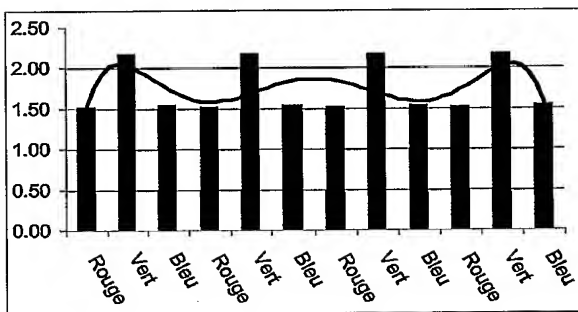


Fig. 3b

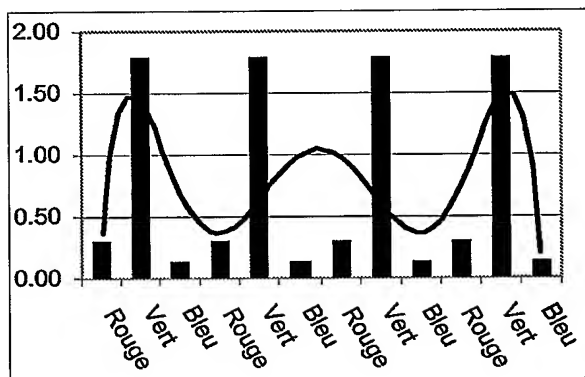


Fig. 3c

3/4

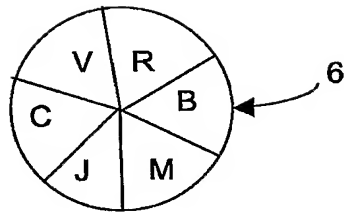


Fig. 4a

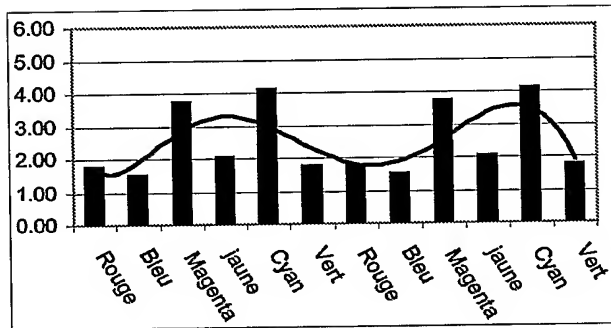


Fig. 4b

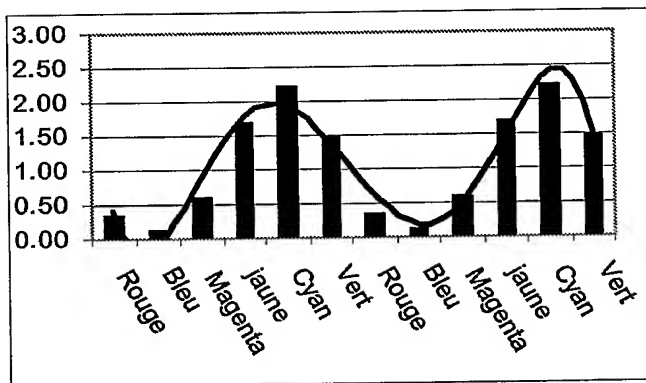


Fig. 4c

4/4

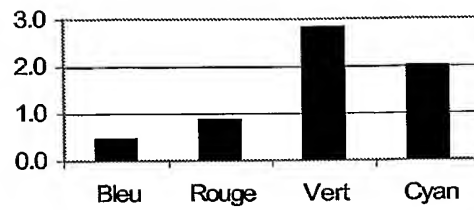
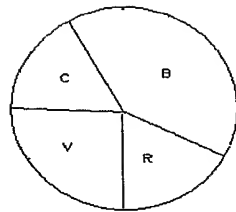
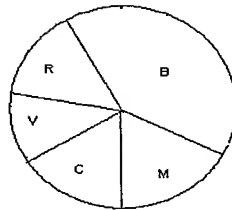


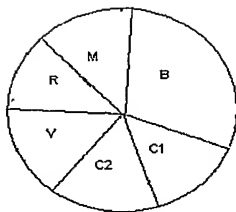
Fig. 5a

Fig. 5b



Arrangement optimum : BMCVR

Fig. 6



Arrangement optimum : BC₁C₂VRM

Fig. 7

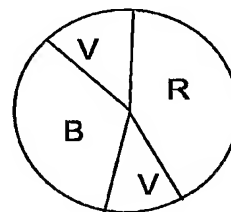


Fig. 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2005/050617

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H04N9/31

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 H04N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2002/122019 A1 (BABA MASAHIRO ET AL) 5 September 2002 (2002-09-05) paragraphs '0087!, '0088! -----	1-10
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2003, no. 12, 5 December 2003 (2003-12-05) -& JP 2003 248462 A (FUJITSU LTD), 5 September 2003 (2003-09-05) abstract; figures 9,11 paragraphs '0015!, '0018!, '0019!, '0079! - '0082! ----- -/--	1-10

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

4 May 2005

Date of mailing of the international search report

13/05/2005

Name and mailing address of the ISA
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Montanari, M

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2005/050617

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2003, no. 02, 5 February 2003 (2003-02-05) & JP 2002 318564 A (FUJITSU LTD), 31 October 2002 (2002-10-31) abstract	1-10
A	US 6 392 656 B1 (SOMEYA JUN ET AL) 21 May 2002 (2002-05-21)	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2005/050617

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)		Publication date
US 2002122019	A1	05-09-2002	JP 2002191055	A	05-07-2002
JP 2003248462	A	05-09-2003	NONE		
JP 2002318564	A	31-10-2002	NONE		
US 6392656	B1	21-05-2002	JP 11327492	A	26-11-1999

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No

PCT/EP2005/050617

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 H04N9/31

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
CIB 7 H04N

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 2002/122019 A1 (BABA MASAHIRO ET AL) 5 septembre 2002 (2002-09-05) alinéas '0087!, '0088! -----	1-10
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2003, no. 12, 5 décembre 2003 (2003-12-05) -& JP 2003 248462 A (FUJITSU LTD), 5 septembre 2003 (2003-09-05) abrégé; figures 9,11 alinéas '0015!, '0018!, '0019!, '0079! - '0082! ----- -/-	1-10



Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents



Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- "&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

4 mai 2005

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

13/05/2005

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Montanari, M

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No

PCT/EP2005/050617

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2003, no. 02, 5 février 2003 (2003-02-05) & JP 2002 318564 A (FUJITSU LTD), 31 octobre 2002 (2002-10-31) abrégé	1-10
A	US 6 392 656 B1 (SOMEYA JUN ET AL) 21 mai 2002 (2002-05-21)	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No

PCT/EP2005/050617

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
US 2002122019	A1	05-09-2002	JP	2002191055 A	05-07-2002
JP 2003248462	A	05-09-2003	AUCUN		
JP 2002318564	A	31-10-2002	AUCUN		
US 6392656	B1	21-05-2002	JP	11327492 A	26-11-1999